

# 煤炭开采地表沉陷环境影响评价分析

张涛<sup>1</sup>, 黄韶华<sup>2</sup>, 朱建雯<sup>1</sup>

(1.新疆农业大学, 新疆乌鲁木齐 830052;

2.新疆环境保护厅, 新疆乌鲁木齐 830063)

**摘要:**煤炭开采形成的地表沉陷是煤矿区主要的环境地质灾害问题。以新疆奇台县某煤矿为研究对象, 在综合分析矿区生态环境的基础上, 运用概率积分法对其地表沉陷进行预测, 划定沉陷范围, 并对其可能产生的生态影响进行分析, 提出了减少煤炭开采对生态环境影响的措施, 为矿井后续开发建设提供环境保护依据。

**关键词:**煤矿; 地表沉陷; 预测

中图分类号: X821

文献标识码: B

文章编号: 1006-8759(2011)03-0061-04

## ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT ON COAL MINING SURFACE SUBSIDENCE

ZHANG Tao<sup>1</sup>, HUANG Shao-hua<sup>2</sup>, ZHU Jian-wen<sup>1</sup>

(1. Xingjiang Agricultural University, Urumchi 830052, China;

2. Xinjiang Department of Environmental Protection, Urumchi 830063, China)

**Abstract:** The surface subsidence is the main environmental geological disasters of coal mining areas. In this paper, choose a coal mine in Xinjiang Qitai as the research object, comprehensive analysis based on the mining environment, use probability integration method to predict the subsidence of its surface, designated settlement areas, and analysis the possible ecological impact, propose the reduced measures of the environmental impact of coal mining, provide the base of environmental protection for follow-up development and construction.

**Keywords:** coal; surface subsidence; predict

我国是世界第一煤炭生产和消费国, 煤炭占全国能源生产和消费总量的70%, 井下煤炭开采量约占原煤产量的97%, 开采方法以长壁工作面全陷法管理为主, 这就不可避免地导致地表产生大面积的沉陷<sup>[1]</sup>。据不完全统计, 我国煤炭开采现有沉陷土地约60万hm<sup>2</sup>, 平均每万吨煤塌陷土地0.2hm<sup>2</sup>, 全国因煤炭开采每年新增塌陷面积2.4万hm<sup>2</sup>; 新疆仅乌鲁木齐矿区地表形成的沉陷面积就达18.04km<sup>2</sup>, 塌陷槽、地表塌陷坑、开裂现象比较常见, 随着深部煤层的不断开采, 这些塌陷由

于处于非稳定状态会以突发性、间歇性活动方式延续和扩展, 生活在矿区及矿区周边的人们深受其害<sup>[3]</sup>。

以新疆奇台县某煤矿为研究对象, 在具体分析地表沉陷产生原因的基础上, 提出了相应的防护措施, 为当地煤矿开采后的生态环境保护工作提供参考依据。

### 1 煤矿基本情况

矿区位于准噶尔盆地东缘, 卡拉麦里山南麓山前一带, 场地地形平坦开阔, 地表侵蚀切割轻微, 地形相对高差不大。基岩地层以侏罗系泥岩砂岩为主, 近水平产状、层位稳定。地表松散的覆盖

收稿日期: 2011-04-06

项目支持: 新疆维吾尔自治区土壤学重点学科

第一作者简介: 张涛(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为采掘类建设项目的环境影响评价。

层较薄,地下水埋藏较深。本区的主体构造为一向北东倾斜的单斜,走向北北西,倾向北东东,地层倾角一般为 $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。

井田内煤层埋藏较深,主采煤层埋深大于500 m。井田内共3层地层含煤,仅中侏罗统

西山窑组(B煤层)为可采煤层,共有4层可采煤层:B<sub>4</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>。其中除B<sub>3</sub>煤层为全区可采外,其余3层煤均为局部可采。首采区开采对象为B<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>和B<sub>1</sub>煤层,服务年限35年。

可开采煤层特征见表1。

表1 可开采煤层特征表

煤层号	全层厚/m		煤层厚/m		可采厚/m		变异系数	控煤点数	见煤点数	可采点数	点可采指数/%	与上层煤层间距/m	煤炭煤质变化	面积可采指数/%	结构	可采性	煤层稳定程度
	两极值	平均值	两极值	平均值	两极值	平均值											
B <sub>4</sub>	0.40-10.85 0.66(79)		0.40-10.54 0.61(79)		1.33-10.54 3.55(13)		0.75	79	15	13	16		煤质变化小	20	简单	局部可采	不稳定
B <sub>3</sub>	4.71-46.04 22.23(79)		4.53-45.48 21.32(79)		4.14-45.48 21.31(79)		0.39	79	79	79	100	1.04-22.32 6.83(15)	煤质变化小	100	较简单-复杂	全区可采	稳定
B <sub>2</sub>	0-9.65 2.28(57)		0-6.10 1.75(57)		0.82-6.10 1.88(47)		0.63	79	77	69	87	0.84-27.75 8.36(55)	煤质变化中等	81	较简单-复杂	大部可采	较稳定
B <sub>1</sub>	0-17.93 6.33(68)		0-17.68 5.93(68)		1.01-17.68 6.32(63)		0.56	79	77	74	94	1.05-21.47 9.00(66)	煤质变化中等	89	较简单-复杂	大部可采	较稳定

## 2 地表沉陷预测

### 2.1 地表沉陷预测模式及参数选取

#### 2.1.1 地表沉陷预测模式

概率积分法是因其所用的移动和变形预计公式中含有概率积分(或其导数)而得名,由于此方法的基础是随机介质理论,所以又叫随机介质理论法<sup>[4]</sup>。其首先由李特威尼申(Litwimiszyn)于20世纪50年代引入岩层移动研究<sup>[5]</sup>,后由我国学者刘宝琛、廖国华等发展为概率积分法<sup>[6]</sup>。本文采用《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》(国家煤炭工业局指定,2000年版)中推荐的概率积分法进行地表沉陷预测。概率积分法预测模式如下:

最大下沉值:  $W_{max} = M \times q \times \cos\alpha$ , mm;

最大倾斜值:  $I_{max} = W_{max} / r$ , mm/m;

最大曲率值:  $K_{max} = 1.52W_{max} / r^2$ ,  $10^{-3} / m$ ;

最大水平移动值:  $U_{max} = b \times W_{max}$ , mm;

最大水平变形值:  $\varepsilon_{cm} = 1.52 \times b \times W_{max} / r$ , mm/m。

式中:  $M$  为煤层开采厚度, mm;  $\alpha$  为煤层倾角;  $q$  为下沉系数;  $b$  为水平移动系数;  $H$  为煤层埋深, m;  $r$  为主要影响半径, m,  $r = H / \tan\beta$ 。

#### 2.1.2 参数选取

预测参数的合理选择是对开采沉陷影响进行准确的地表移动和变形预测的前提。用概率积分法预测开采沉陷要用到以下参数:下沉系数  $q$ 、主要影响正切  $\tan\beta$ 、水平移动系数  $b$ 、拐点偏移距  $S$

和影响传播角  $\theta$ 。

本矿区为新建矿井,没有地表移动变形的参数实测值,评价根据煤田地质与采矿条件,并结合《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》规定,确定预测输入参数见表2。

表2 地表移动变形模式输入参数

序号	参数	参数值	备注
1	下沉系数( $q$ )	0.9	第一次复采取0.9,第二次复采取0.95,第三次复采取0.98
2	移动角正切( $\tan\beta$ )	3.0	
3	水平移动系数( $b$ )	0.30	
4	拐点偏移距( $S$ )/m	0.07	
5	开采影响传播角( $\theta$ )/deg	$90^{\circ} - 0.6\alpha$	$\alpha$ 为煤层倾角(deg)

备注:煤层倾角为 $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 范围

### 2.2 地表沉陷预测

#### 2.2.1 首采区地表移动变形最大值预测

根据煤层开采厚度、采深及有关预计参数,计算出B<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>煤层开采后产生的地表移动变形最大值见表3。

表3 首采区B<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>煤层开采后地表移动变形最大值

煤层	煤层埋深/m	采厚/m	主要影响半径/m	最大下沉/mm	最大倾斜/( $mm \cdot m^{-1}$ ) / ( $10^{-3} \cdot m^{-2}$ )	最大曲率/mm	最大水平移动/mm	最大水平变形/(mm/m)
B <sub>3</sub>	600	21.31	200	19 204.46	100.47	1.06	6 423.78	61.41
B <sub>2</sub>	605	1.88	201.7	1 616.81	8.10	0.06	485.04	3.66
B <sub>1</sub>	620	6.32	206.7	5 435.2	26.29	0.21	1 630.56	11.99

### 2.2.2 首采区地表移动延续时间

在无实测资料的情况下，地表移动的延续时间( $T$ )可根据下式计算：

$$T=2.5 \times H(d)$$

式中： $H$  为工作面平均采深， $m$ 。

根据上述公式，计算求得 B3、B2、B1 煤层开采后地表移动延续的时间见表 4。

表 4 地表移动延续时间

煤层	地表移动延续时间/a
B3	4.1
B2	4.1
B1	4.2

由表 3、4、5 可知，首采区 B3、B2、B1 煤层开采后形成的地表最大下沉值在 26.3m 左右；首采区停采后地表沉降总延续时间在时间段分配上，初期剧烈变形，中期缓慢变形，晚期相对稳定，但在出现地表裂缝和沉陷坑的部位，变形期相对较长，影响程度相对严重。

### 2.2.3 全井田沉陷预测结果

根据煤层开采厚度、采深及有关预计参数，计算出全井田上述煤层开采后产生的地表移动变形最大值见表 6。

表 6 全井田煤层开采后地表移动变形最大值

煤层	煤层埋深 /m	采厚 /m	主要影响半径/m	最大下沉/mm	最大倾斜/( $mm \cdot m^{-1}$ )	最大曲率/( $10^{-3} \cdot m^{-2}$ )	最大水平移动/mm	最大水平变形/( $mm \cdot m^{-1}$ )
B4	595	2.83	198.3	2433.8	12.27	0.093	730.14	5.60
B3	600	21.31	200	19 204.46	100.47	1.06	6 423.78	61.41
B2	605	1.88	201.7	1 616.81	8.10	0.06	485.04	3.66
B1	620	6.32	206.7	5 435.2	26.29	0.21	1630.56	11.99

由表 6 可知，全井田煤层开采后形成的地表最大下沉值在 28.7 m 左右。

## 3 生态影响分析

煤层开采后，地表发生移动和变形，同时伴有裂缝及沉陷坑的产生，较大的裂缝主要发生在两层煤开采的边界叠加处，破坏了原始地貌的完整性。本文主要对土壤、动植物以及景观生态的影响进行分析。

### 3.1 对土壤环境的影响

本矿开采后地表倾斜变形、产生沉陷裂缝和沉陷台阶会使土地的自然条件变差，造成一定程度的土壤养分流失；在沉陷区域，沉陷裂缝和沉陷台阶的大量分布，使水土流失加剧，土壤的承载力

和生产力可能降低。在土壤肥力的其他方面，将有可能扰动甚至打乱原有土壤构型，使土壤养分含量及肥力状况受到影响，影响植被正常生长。但这种影响一般维持 2~3 年，随着时间推移将逐渐消失，土壤的肥力将逐渐恢复。

### 3.2 对野生植物的影响

本矿区地表植被以低覆盖度的荒漠草场为主，根据崔亚莉等《西北地区地下水的地质生态环境调节作用研究》的研究结果<sup>[7]</sup>：一般情况下，地下水位大于 5 m 时，土壤含水量很少，植物无法得到维持其正常生长所需的水分，造成荒漠植物开始凋萎，同时发生土壤荒漠化。本井田内地下水位埋深在开采前已超过 60 m，远大于对地表植被具有涵养作用的水位埋深，井田内植被生长本身与地下水位联系不密切，其生态用水来源主要依靠大气降水。因此采煤造成的地下水位下降对地表植被影响不大。

### 3.3 对景观生态的影响

本项目现为荒漠戈壁景观，由于采煤沉陷的影响将使景观类型分布、斑块数、斑块密度、面积等属性发生一定变化，且通过地表沉陷对沉陷区土地破坏程度的预测可知，本井田沉陷造成的地表破坏程度均在重度以上，因此采煤沉陷对井田区域生态景观属性有一定的影响。

另外，井田的排矸场属沟谷型排矸场，周边被沟坡阻挡，不在交通干线可视范围内，对感官视觉不产生直接影响。只要排矸场在使用过程中有序排放，最终采取复土措施，则该矿排矸场的建设对局部景观面貌的影响是较小的。

## 4 防治措施

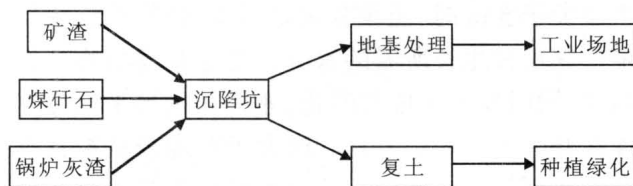
本矿属于新建矿井，其地表沉陷区是一个从无到有，从不稳定到稳定的过程，因此地表沉陷区的生态恢复与治理工作除了在沉陷区形成以前做好煤矿开采过程的管理、监督之外，还需要对不稳定地区进行合理有效的利用，对于最终沉陷地，根据地表沉陷预测结果，依照其沉陷的深度、面积、现有技术、经验、生态重建的实现条件等因素，将采煤最终沉陷区进行统一规划，恢复其生态功能，并实现可持续发展。

建议在项目分时段采取有效的防治措施，具体可从以下方面开展或进行尝试：

- (1)在煤炭开采地表沉陷前期，预排废渣、煤

矸石堆放的土地整治与生态恢复,是指建井过程和生产初期,矿区还没有形成明显的沉陷坑时,在首采区上方,根据地表下沉预测的深度、范围,预先排放废渣、煤矸石,等到地表有明显的沉陷或地表下沉基本终止时,再将沉陷区的堆体按照3%~6%的坡度整理,进行利用。

(2)首采区地表沉陷生态恢复可采用矿渣、煤矸石以及锅炉灰渣充填沉陷区的方式进行土地整治与综合整治,首采区一般离矿井地面工业场地



较近,填平处理后的沉陷区可成为建筑用地,扩大了生产和生活区,又避免了压煤。

(3)全井田地表沉陷生态恢复可采用水土保持和生态治理相结合的方式进行土地整治与综合整治。当达到设计服务年限后,煤炭资源已经得到充分的开发和利用,保护区域生物多样性和景观多样性就成为生态恢复工作的重点,而水土保持和生态治理则最能体现干旱区生态保护的特点。

(上接第45页)

### 6.3 环境效益和社会效益

通过对除尘器的改造,采用低压脉冲袋式除尘器替代原两电场静电除尘器,使锅炉废气中烟尘达到排放标准,同时也提高了脱硫效率,污染物排放总量大大降低,减少了对当地周围大气环境的污染,提高了企业形象,取得了很好的环境和社会效益。

## 7 结语

(1)采用低压脉冲袋式除尘器对电除尘器进行改造,锅炉废气的烟尘排放浓度达到当地环保部

水土保持和生态治理模式是指以生态修复为主、人工辅助修复为辅,尽量避免不必要的开发建设,要给沉陷区的自然生态以必要的休养、恢复、生长的时间和空间。对水土流失轻度区通过封育保护,尽快遏制水土流失,大面积地进行生态修复,加快治理进度;对水土流失中度区进行灌草补植、封育保护;在水土流失强的部分区域,可先进行简单的水土流失治理,控制大的水土流失,在此基础上再进行生态修复。

## 参考文献

- [1] 纪万斌.我国采煤沉陷生态环境的恢复及开发利用[J].中国地质灾害与防治学报,1999,(19):45~50.
- [2] 邹友峰,邓喀中,马伟.矿山开次沉陷工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003,317~318.
- [3] 贺林.乌鲁木齐矿区急倾斜煤层开采地表移动变形规律研究[D].西安科技大学硕士论文,2008.
- [4] 何国清,杨轮,凌耿娣.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1991,116~132.
- [5] (波)J 李特威尼申著,何国清译.颗粒体力学中的随机方法[M].徐州:中国矿业学院科技情报室,1984.
- [6] 刘宝琛,廖国华.煤矿地表移动的基本规律[M].北京:中国工业出版社,1965.
- [7] 崔亚莉,邵景力,韩双平.西北地区地下水的地质生态环境调节作用研究[J].地学前缘,2001,8(1):192~193.

门的要求,除尘效率达到了99.9%,减轻后续脱硫塔除尘负荷,改善了脱硫水质,提高了脱硫效率。

(2)低压脉冲袋式除尘技术具有除尘效率高、占地面积小、机构简单、运行维护容易、自动化操作等优点,应用前景广泛。

## 参考文献

- [1] 杨叙军.布袋除尘器在处理锅炉烟尘应用和优点[J].江苏锅炉,2007,1:30~31.
- [2] 赵欣华,梁冬.布袋除尘器技术在火电厂锅炉烟气除尘的应用[J].黑龙江电力,2005,27(3):154~157.
- [3] 孙熙.袋式除尘技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2004.